

A szél-eróziót befolyásoló változó talajfizikai tulajdonságok

A szél-erózió fellépését több tényező közvetett, vagy közvetlen hatása okozza. A szél az erózió folyamatának aktív tényezője, tulajdonságai (sebesség, turbulencia, irány) döntőek a folyamat kialakulása és pusztításának mértéke szempontjából. A másik fő tényező a talaj, mely szenvedő alanya a folyamatnak, s melynek állapota és sajátosságai ugyancsak nagy mértékben befolyásolják a szél-erózió megjelenését és kártételének nagyságát.

A talaj szél-erózióval szemben mutatott ellenállása, illetve erodálhatósága szempontjából elsődleges és másodlagos faktorokat különböztetünk meg. Elsődlegesek azok a talaj állapotát kifejező, változó fizikai sajátosságok, melyek közvetlenül hatnak a szél-erózió fellépésére, vagyis a talaj szerkezet- és nedvesség-állapota. A talajfelszín alkotó szerkezeti egységeket (morzsák, rögök, szemcsék stb.) szél-erózió szempontjából nem a talaj víz- és levegő-háztartásának kialakítása, hanem a nagyságuk, mennyiségük és elhelyezkedésük folytán kialakított felszíni forma szél-erózióra gyakorolt hatása alapján szemléljük.

Másodlagos tényezők közé soroljuk a talajnak azokat az állandó tulajdonságait, sajátosságait, melyek az elsődleges tényezőkre befolyással vannak, kedvező vagy kedvezőtlen kialakulásuk határait megszabják. Ezek a talaj mechanikai összetétele, szervesanyag-tartalma, kalcium-tartalma stb. Az elsődleges és másodlagos faktorok merev elkülönítése természetesen nem lehetséges, mert pl. szerkezet nélküli homoktalajok, futóhomokok esetén a szemcseösszetétel közvetlenül is hat a szél-erózió fellépésére, míg a nedvességtartalom, amennyiben a felszín állapotának kialakítására (a talaj művelésekor) befolyással van, közvetve hat, tehát másodlagos tényező.

A talajfelszín állapotának változatait, azoknak a szél-eróziót csökkentő, vagy elősegítő hatását, s ezeknek okait fontos megismernünk, hogy megfelelő védekezési eljárásokat alkalmazhassunk.

A talajfelszín állapotát — a szél-erózió leküzdése céljából — talajműveléssel, különféle beavatkozásokkal, természeti módokkal stb. előnyösen irányíthatjuk. Itt azonban meg kell jegyeznünk, hogy erre nemesak a leggyakrabban eróziót szenvedő homok-, és láptalajaink deflációjának csökkentése céljából van szükség, hanem a szél-eróziótól ritkábban és kisebb mértékben érintett, kötöttebb talajaink lassú leromlásának megelőzése miatt is. Külföldi példákön okulva, s a jelenlegi nagyüzemi gazdálkodás elterjedését figyelembe véve, feltétlenül szükségesnek látszik, hogy a szél-erózió problémáját ne csak a homok, sőt esetleg csak a kimondottan futóhomok talajokra korlátozzuk. Természetesen elsősorban ezeken a területeken kell védekeznünk, de egyéb talajainkon sem szabad száraz, növényvel borítatlan, nagy kiterjedésű táblákon a szél-erózió lehetőségét figyelmen kívül hagyni. A szél-erózió pusztító hatása kötöttebb talajainkon eleinte talán alig észrevehető agyag-, és szervesanyag-tartalombeli csökkenést jelent, mely azonban egyre jobban kedvez az erózió fellépésének és mértékének, míg végül rövid idő alatt a talaj elszegényedését és szerkezetének teljes leromlását eredményezheti.

I. A talajfelszín szerkezete

Mezőgazdasági művelés alatt álló területeken, ahol az év bizonyos szakaszában a talajt növényzet nem fedi, igen fontos a talaj felszínének szerkezeti állapota a szél-erózió gátlása vagy legalább csökkentése szempontjából.

A talaj felszíne az alkalmazott talajművelési mód következményeképpen lehet érdes, (rögös, morzsás, barázdált, stb.) vagy síma (poros, kérges) állapotban. A felszín állapotának e változatai két irányban befolyásolhatják a szél-eróziót: 1. a felszín alkotó részecskék ellenállása révén növelhetik az elmozdításukhoz szükséges szélsősebességet, vagyis a küszöbsebességet,

2. érdességet képezve, akadályokat okozva csökkenthetik a szél sebességét a felszínen. Az első esetben tehát a részecskék nagysága, alakja és súlya játszik döntő szerepet, míg a második esetben nagyságukon kívül, a felszínen való elhelyezkedésük, megoszlásuk, egymástól való távolságuk. A felszínen kialakított formák (pl. barázdák) hatása is — mivel szintén a szélesebbesség csökkentését célozzák — ez utóbbi sajátosságoktól függ. Mindkét esetben azonban nagyon fontos tényező a részecskék stabilitása, mely befolyásukat lényegesen növelheti vagy csökkentheti.

A felszín érdességének szélerózióra gyakorolt hatásával szovjet és amerikai kutatók egyaránt foglalkoznak (JAKUBOV [20, 21, 22], CHEPIL [3, 7, 10, 11, 13, 14], WOODRUFF [29, 30], ZINGG [31, 32, 33, 34].) Különösen CHEPIL tanulmányozta ezt a kérdést mélyrehatóan, s az itt közölt törvényszerűségek és megállapítások túlnyomó része az ő vizsgálatainak és mérési eredményeinek köszönhető. Chepil kísérletei legnagyobb részét ZINGG [33] hordozható szélcsatornája segítségével végezte, amely mind laboratóriumi, mind szabadföldi vizsgálatok végzésére alkalmas (1. ábra).

A következőkben a leggyakrabban előforduló felszíni formákat, változatokat, s az érvényesülő aerodinamikai törvényszerűségeket ismertetjük.

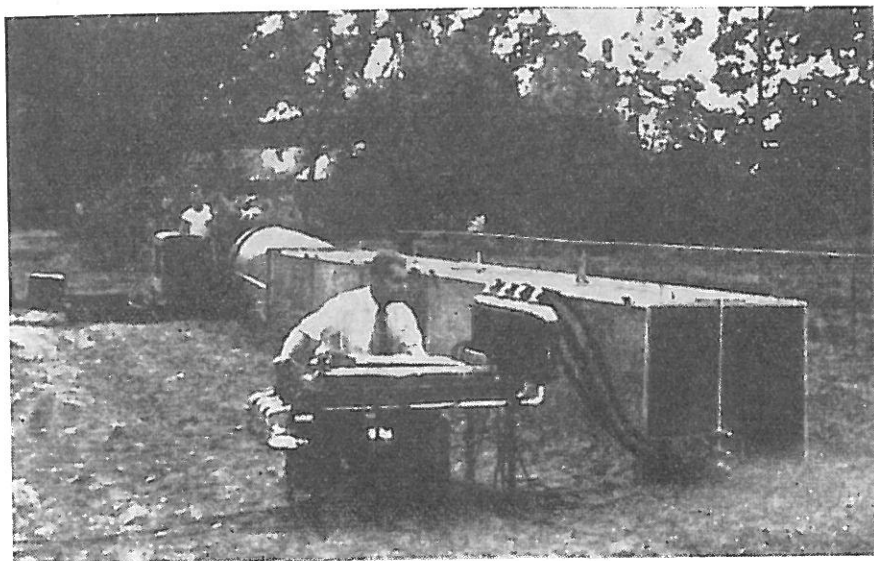
1. Morzsákból, rögökből álló érdes felszín

A felszínt alkotó rögök, morzsák széllel szemben mutatott ellenállása nagyságukkal, súlyúkkal és alakjukkal mutat összefüggést. Egyenlő nagyságú, de különböző térfogatsúlyú frakciók küszöbsebessége térfogatsúlyuk növekedésével egyirányban nő. Azonos nagyságrendbe tartozó kvarc-szemcse, homokos-vályog, iszapos-vályog, vagy agyagaggregátum elmozdításához szükséges sebességeket (V_{*1}) az 1. táblázat mutatja [6]. (V_{*1} a szélesebbesség gradiensevel összefüggő, arra jellemző érték és V_{*1} a küszöbértékét jelenti [2, 5, 35]).

A részecskék alakjában mutatkozó különbségek általában sokkal kisebb hatással vannak az erodálhatóságra, mint nagyságuk és súlyuk, ezért a gyakorlatban megfelelőnek látszik az ún. equivalens átmérő bevezetése, mely e két utóbbit veszi figyelembe. A talajrészecskék és aggregátumok viszonyítási alapjául a gömbalakú, 2,65 térfogatsúlyú (ez esetben fajsúlyú is), egységnyi átmérőjű kvarc-szemcse szolgál, s ennek következtében:

$$D_e = \frac{\sigma d}{2,65} \quad (1)$$

melyben D_e a részecske equivalens átmérője, σ a részecske térfogatsúlya és d az átmérője [8].



1. ábra

Zingg [34] által szerkesztett hordozható szélcsatorna

1. táblázat

Különféle talajok 1,19–2,0 mm átmérőjű aggregátumainak térfogatsúlya és küszöbsebessége. (Chepil nyomán [6])

Vizsgált talaj	σ Térfogatsúly	V_{*t} Küszöb- sebesség cm/sec
Kvarcsemese	2,70	17,5
Finom homokos-vályog	1,58	13,1
Izapos vályog	1,46	12,8
Agyag	1,68	13,6

Néhány hazai talaj aggregátumainak equivalens átmérőjét DVORACEK [18] morzsaporozítás és morzsa-térfogatsúly adatai alapján kiszámítottuk, s az eredményeket a 2. táblázatban foglaltuk össze.

A táblázat adatai azt mutatják, hogy az 1 mm valóságos átmérőjű talajmorzsák

erodálhatóság szempontjából sokkal kisebbnek számítanak, tehát a szél által könnyebben elmozdíthatók, mint az 1 mm átmérőjű kvarcsemesék.

CHEPIL [13] vizsgálatai szerint a 0,1 mm equivalens átmérő körüli morzsák, ill. szerkezeti egységek a legerodálhatóbbak, míg az 1 mm körüliek már ellenállóknak mondhatók.

Kiszámítottuk, hogy a fenti 4 talaj 0,1 mm és 1 mm equivalens átmérőjű morzsái a valóságban hány mm-es átmérővel rendelkeznek (3. táblázat).

Az adatok jól szemléltetik az erodálható morzsafrakció-méretnek a homokszemcsék nagyságához viszonyított felfelé irányuló eltolódását.

Mint említettük, a 0,1 mm equivalens átmérőjű részecskék a legkönnyebben erodálhatók, legkisebb a V_{*t} értékük. A 0,1 mm-nél nagyobb equivalens átmérőjű részecskék elmozdításához szükséges V_{*t} -érték a részecskék nagyságának növekedésével egyre nagyobb, mint ezt a következő képlet mutatja:

2. táblázat

Különböző térfogatsúlyú, 1 és 2 mm-es talajmorzsák equivalens átmérőjének értéke

Vizsgált talaj	Morzsaterfogat-súly	1 mm-es	2 mm-es	morzsa-porozitás %
		morzsák equivalens átmérője mm-ben		
Mezőhegyes mezőszégi talaj	1,53	0,58	1,16	40,8
Kunhegyes mezőszégi agyagos-vályog	1,69	0,64	1,28	34,8
Kisújszállás réti agyag	1,72	0,65	1,30	33,3
Mindszent nagyon kötött réti agyag	1,74	0,66	1,32	32,0

3. táblázat

Az 0,1 és 1 mm equivalens átmérőjű talajmorzsák átmérőjének nagysága a valóságban (mm-ben)

Vizsgált talaj	Equivalens átmérő	
	0,1 mm	1 mm
	Valóságos átmérő	
Mezőhegyes, mezőszégi talaj	0,173	1,73
Kunhegyes, mezőszégi agyagos-vályog	0,157	1,57
Kisújszállás, réti agyag	0,154	1,54
Mindszent, nagyon kötött réti agyag	0,152	1,52

$$V_{*t} = \alpha \sqrt{\frac{\sigma - \rho}{\rho} g d} \quad (2)$$

melyben σ a részecskék térfogatsúlya, d az átmérője, ρ a légáram sűrűsége, g nehézségi erő, α egy egyenlőség, a részecskék α egyenlőség nagyságrendjétől és a nem erodálható frakciók arányától függő érték [13]. (CHEPIL idézett cikkében az α egyenlőséget A-val jelöli. Az abráziós egyenlőség A-jelével való összetévesztés elkerülése céljából változtattuk az előbbi egyenlőség jelét α -ra.)

Ha az előbbi összefüggést a szélsősebség szémszögéből vizsgáljuk, megállapíthatjuk, hogy a szél sebességének növekedése egyre nagyobb részecskéket tesz erodálhatóvá. E szerint elméletileg bármely nagyságrendbe tartozó morzsa, vagy rög megfelelő szélsősebség mellett erodálható. Gyakorlatban azonban, mivel a szél sebessége általában bizonyos határok között mozog, az 1 mm-nél nagyobb egyenlőség átmérőjű részecskéket már ellenállónak, nem erodálhatónak kell tartanunk.

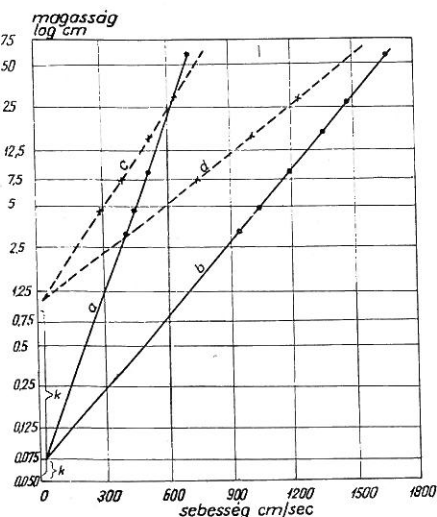
A talaj szélerózióval szemben mutatott ellenállásának fontos tényezője a felszínen levő nem erodálható frakciók nagysága és aránya. A nem erodálható részecskék, nemcsak saját ellenállásuk révén hatnak, hanem azáltal is, hogy védelmet nyújtanak a kisebbek számára; növelik az u.n. k -értéket, vagyis annak a felszín feletti légrétegnek a vastagságát, melynek sebessége 0. (A k -érték jelentésére vonatkozólag egyik előző cikkünkben utalunk [2]). Ez a 0-sebességű réteg közvetlenül a talaj felszíne felett van, s többnyire igen vékony sávot alkot. Erdős felszín esetén nem képez összefüggő réteget, hanem a kiemelkedések közötti mélyedések alján helyezkedik el, s vastagsága a kiemelkedések magasságától függ. Minél nagyobbak a felszínen levő morzsák, vagy rögök, annál nagyobb érték a k , amint azt a 2. ábrán láthatjuk [13]. Az ábra azt is mutatja, hogy a k -érték egy adott felszín esetén állandó, nem függ a szél sebességétől. Ez természetesen a szélsősebség növekedésének csak olyan fokáig érvényes, amíg a felszín állapota nem változik, vagyis amíg az a szélnak ellenáll, amíg azt a szél meg nem bontja.

A talajfelszín erodálhatóságának mértékét azonban nem lehet egyszerűen csak a morzsák, vagy egyéb kiemelkedések nagysága vagy magassága szerint megítélni, figyelembe kell vennünk megoszlásukat, arányukat, egymástól való távolságukat is. Minél több nem erodálható részt tartalmaz a talajfelszín, annál jobban ellenáll a szélnak, annál nagyobb, V_* kell elmozdításához. Az erodálható és nem erodálható frak-

ciók aránya a fenti [2] képlet α egyenlőségében jut kifejezésre. Ha a talaj csak erodálható frakciókat tartalmaz α -értéke, 0,085 [13]. Nem erodálható frakciókat is tartalmazó talajoknál az α egyenlőség értéke a frakciók mennyiségének növekedése arányában nő. Általában az a talajfelszín, melyben az 1 mm-nél nagyobb egyenlőség átmérőjű részecskék mennyisége 60%-nál több, ellenállónak mondható.

A nem erodálható morzsák és rögök megoszlása, szabályos és szabálytalan kiemelkedések egymásközi távolsága, elhelyezkedése az ún. kritikus felszín-érdességi állandóval jellemezhető [7]. A kiemelkedések közti távolságot, a területegységre eső kiemelkedések számának reciproka, $\frac{1}{N}$

adja meg. A kritikus felszín-érdességi konstans értéke művelt talajok esetében általában 4—20 között van. Ha pl. a konstans értéke 4, ez azt jelenti, hogy H magasságú



2. ábra

A felszín rögösségének hatása a szélsősebség gradiensére és a k -értékek alakulására (CHEPIL [13] nyomán). Az egyenesek a V_* -ot, ábrázolják. Az a pont, melyben az egyenesek az ordinátát metszik, a k -érték magasságát mutatja. A k -érték: a, b esetében 0,075 cm, c, d esetében 1,2 cm a 0,16 cm magas egymástól 1 cm távolságra levő nedves homoksáncok felett, $V_* = 41$ cm/sec mellett
b ugyanez $V_* = 99$ cm/sec mellett
c 5 cm magas egymástól 30 cm távolságra levő kavics-sáncok felett, $V_* = 76$ cm/sec mellett
d ugyanez $V_* = 146$ cm/sec mellett

kiemelkedések, — ha egymástól való távolságuk $4H$ —, ellenállóvá teszik a felszínt. A konstans értéke függ a V_* -értéktől és az erodálható frakciók átlagos és maximális nagyságától.

Az eddig elmondottakon kívül a talaj erodálhatósága szempontjából fontos tényező az erodálható, de főképpen a nem erodálható nagyságú rögök, morzsák stabilitása is. Megfelelő műveléssel kialakított morzsás, rögös, vagy barázdált felszín hatása csak addig tart, míg a felszínt alkotó szerkezeti egységek egyrészt a közvetlen szélerő, másrészt a már mozgásban levő, főképpen ugráló, szaltációs mozgást végző részecskék ütődésének, ütközésének, vagyis az abráziónak ellenáll. Ezenkívül ellenállást kell mutatniuk a mechanikai beavatkozásokkal szemben is, beleértve a talajművelést és a gépek és állatok tipró hatását.

A talajnak e tényezőkkel szemben mutatott ellenállását mechanikai stabilitásnak nevezzük. A rögök és morzsák e tulajdonsága CHEPIL és BISAL [16] forgó szítákon történő, száraz szítalásos módszerével jól meghatározható. A készüléket a 3. ábrán láthatjuk.

A készülék segítségével először elkülönítik a nem erodálható nagyságú szerkezeti egységeket, majd egy következő szítalással ezek mechanikai stabilitását teszik

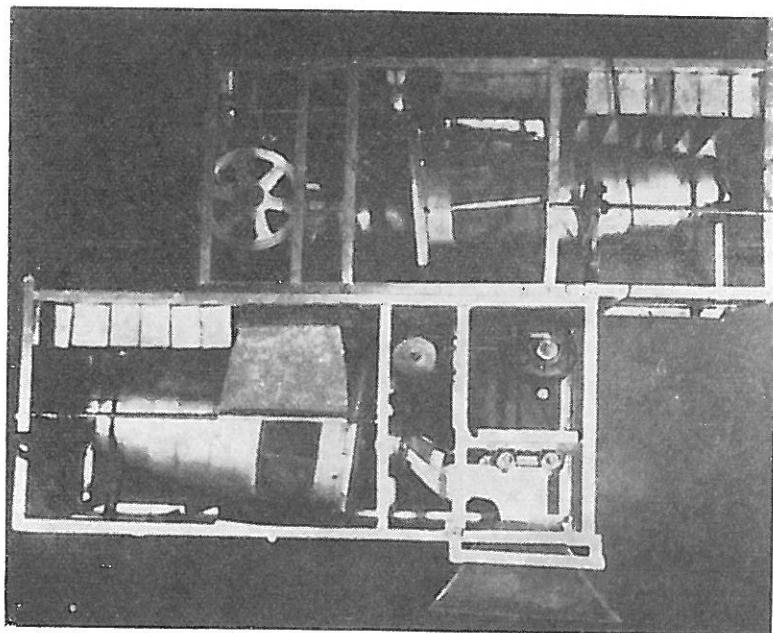
próbára. A második szítalás után fennmaradt, nem erodálható nagyságú frakciók súlya az első szítalással elkülönített aggregátumok súly %-ában kifejezve adja a mechanikai stabilitás értékét. CHEPIL későbbi, kísérleti munkáinál több frakciót választ szét és stabilitásuk megállapítására több szítalást végez [9].

A talaj abrúzióval szemben mutatott ellenállása külön is értékelhető, az ún. abrúziós koefficiens (A) segítségével. Ennek meghatározását CHEPIL szélescsatornában végzi [5, 15]. A : a vizsgált szerkezeti egységekről lekoptatott talaj mennyiségét jelenti, az abrúziót okozó talajszemcsék mennyiségének súlyegységében, 25 miles/óra [kb. 12 m/sec] sebesség mellett. Mivel az abrúzió a szélesebbesség négyzetével arányos, A -koefficiens a következő képlet segítségével bármely szélesebbeségre kiszámítható:

$$A = a \left(\frac{25}{v} \right)^2 \quad (3)$$

melyben a : a lekoptatott mennyiség az abrúziót kiváltó részecskék súlyegységében, v szélesség mellett.

Az említett mechanikai felaprózást kiváltó tényezőkhez hasonló hatást fejt ki a talaj szerkezeti egységeire a fagy és olvadás, valamint az átnedvesedés és kiszáradás



3. ábra
Forgó talajszíták. CHEPIL és BISAL [16] készüléke

váltakozása; mivel a nagyságuk folytán szélnél ellenálló szerkezeti egységek szétrombolását, szétiszapolását, erodálható nagyságú részecskékre aprózását idézhetik elő.

Mindezeket a szempontokat figyelembe véve a legstabilabb szerkezeti egységnek a megfelelő nagyságú vízálló morzsát tartjuk, mivel legjobban ellenáll a nedvesség hatásának és elég nagyfokú mechanikai stabilitást is mutat [4].

A rögök, vagy álaggregátumok, stabilitás szempontjából a vízálló morzsák után következnek, mivel általában nagymértékben ellenállnak a mechanikai felaprózódásnak, de kicsi a stabilitásuk az időjárási tényezőkkel szemben. Itt említenünk meg, hogy a felszíni kéreg e szempontból a harmadik helyen áll, mert akár kiszáradás, akár mechanikai hatás következtében könnyen megreped, felszakad, ami a szélerózió azonnali megindulását okozhatja.

2. Barázdás felszín

A talaj felszínén kialakított barázdák, a nem erodálható rögökhöz hasonlóan a szél sebességének csökkentésével, a k -érték, ill. a 0-sebességű réteg vastagságának fokozásával hatnak az erózióra. Ezért ezeknek is éppen úgy fontos magasságuk, sűrűségük, stabilitásuk, sőt újabb tényezőként az uralkodó széliránnyal bezárt szögük is. Ugyanazok a törvényszerűségek döntik el hatásosságukat, mint amelyek az érdes (morzsás, rögös) felszín esetén fennállnak. A barázdákat képező rögök, morzsák nagysága és stabilitása azonban még sokkal fontosabb, mint az érdes felszín alkotó elemeké, mivel a barázdák magasan a turbulens rétegbe nyúlnak, ahol a szél sebessége, — az érdes sebesség gradiense miatt — sokkal nagyobb, s így ugyanazon átlagsebességű szél nagyobb rögöket, morzsákat is elmozdít a barázdák éléről, mint az érdes felszínről. Ugyanezen oknál fogva stabilitásuk is nagyon fontos. A nem eléggé stabil morzsákból álló barázdákat hamarosan szétrombolja a szél, mivel a barázdacélekről az apró, vagy felaprózott morzsákat a barázdák közeibe sodorja. Az eróziókat ezt a formáját a szél detruíziós pusztításának nevezzük. A barázdáknak az uralkodó szélirányra lehetőleg merőlegesnek kell lenniük. Kisebb eltérések hatásosságát, de a szélnél azonos irányban kialakított barázdák hatása csak 1/3-a a szélirányra merőlegesen elhelyezett barázdák által nyújtott védelemnek [35]. A megfelelően kialakított és kellő ellenállással rendelkező barázdák ezzel szemben a szél sebességének csök-

kentése mellett a csuszó és ugráló mozgást végző talajrészecskék feltartóztatását is szolgálják, s ezáltal a szélerózió terjedését hathatósan megakadályozzák.

3. Sima talajfelszín

A talajfelszín sima, vagy rögös voltát a felszín alkotó elemek (talajrészecskék, rögök, morzsák) nagysága és a felszínen található egyenetlenségek (szabályos, vagy szabálytalan kiemelkedések) magassága szabják meg. Aerodinamikailag sima a felszín, ha ezek olyan kicsik, hogy felettük lamináris légáramlás alakul ki, s érdesnek mondjuk, ha elég nagyok ahhoz, hogy turbulens légáramlást okozzanak. Az áramlás lamináris vagy turbulens voltát a Reynoldsszám jellemzi [5, 14, 33]. Lamináris az áramlás, ha a R a kritikus értéknél — 3, 5-nél — kisebb és turbulens, ha ennél nagyobb.

$$R = \frac{dV_*}{v} = \leq 3,5 \quad (4)$$

ahol d jelenti a talajrészecske átmérőjét. V_* a sebességgradiens jellemzőjét és v a légáram kinematikus viszkozitását. Az R azonban, mint láttuk a szemcsenagyságon kívül V_* -tól is függ, ezért egy felület aerodinamikai értelemben sima volta a szél sebességének növekedésével érdesse válhat, ami azt jelenti, hogy nagyobb szélsebesség esetén kisebb felületi érdeség okoz turbulenciát. Olyan szélesebesség mellett, mely a talajrészecskék megmozdításához éppen elegendő, (kb. 4 m/sec) a 0,05 mm-nél nagyobb átmérőjű részecskék már érdes felszín képviselnek. Természetes körülmények között, szárazföld felett, a domborzat és a felület egyéb egyenetlenségei miatt mindig turbulens a légáramlás. Lamináris légmozgás a természetben csak nagyon ritkán, tengerek teljesen sima felszíne felett fordul elő, s ezért inkább csak elméleti jelentősége van.

A gyakorlatban simának mondott talajfelszín különböző nagyságú részecskékből áll, néhány mm-től a kolloidnagyságú agyagrészecskékig nagy változatosságot mutat, de mindig tartalmaz különböző mennyiségben, 0,05 mm-nél nagyobb részecskéket. Ezért a gyakorlatban a simának tartott talajfelszín aerodinamikai értelemben sohasem sima, s így felette is turbulens légáramlás alakul ki, mely a részecskéket felemeli. A sima és érdes talajfelszín felett tulajdonképpen csak méretbeli eltérés van. A gyakorlatban a szélerózió szempontjából a zömmel erodálható méretű részecskéket tartalmazó, áránylag egyenletes talajfelszínt simának nevezzük. A sima

felszínen az érdességet képező részecskék olyan kicsik, hogy védelmet jelentő vastagságú 0-sebesség réteget nem képesek kialakítani, s így védelmet nem jelentenek a kisebbek számára; sőt mivel szél hatására maguk is elmozdulnak, szaltációs mozgásuk révén őket is magukkal ragadják. Az ilyen sima felszín, mely a részecskék laza keverékéből áll, szenved legjobban a szél-erőzéstől.

4. Felszíni kéreg

Az a sima felszín, melyben a részecskék csapadék, vagy öntözés hatására tömörültek, s többé-kevésbé stabil kérget képeznek a talaj felszínén, elég jól ellenállnak a szélnek [1]. A felszíni kéreg képződését a száradó talaj részecskéinek összeragadása okozza, ami az őket körülvevő vízártya zsugorodása miatt jön létre. E kéreg vastagságától, s a talaj mechanikai összetételétől függően több-kevesebb védelmet nyújt a talajfelhordás ellen. Védőhatása azonban csak addig tart, míg a kéreg összefüggő egészet alkot. Ha már valahol megreped, a szél a felszakadt kérget tovább bontja, amiben ezután a már szabaddá vált részecskék is segítséget nyújtanak, abráziós tevékenységük révén, s a védelmet nyújtó kérget hamarosan tönkre teszik.

Az itt elmondottaktól láthatjuk a talajfelszín állapotának jelentőségét a szél-erőzítő fellépése szempontjából. Talajműveléssel bizonyos fokig irányítani tudjuk a felszín külső formáját, s így sokat segíthetünk, de ronthatunk is a talaj ellenálló képességen. Szél-erőzítő veszélyének kitett területeken fontos, hogy a szélvédelem szempontjait figyelembe véve válasszuk ki a talajművelés megfelelő módját és eszközeit, de nem kevésbé fontos a művelés időpontjának helyes megválasztása sem. A művelés időpontját lehetőleg a széljárással, de a talaj nedvességállapotával is összhangba kell hoznunk, hogy — amint a következőkben látni fogjuk — megfelelő stabilitású, kellően érdes felszínt alakíthassunk.

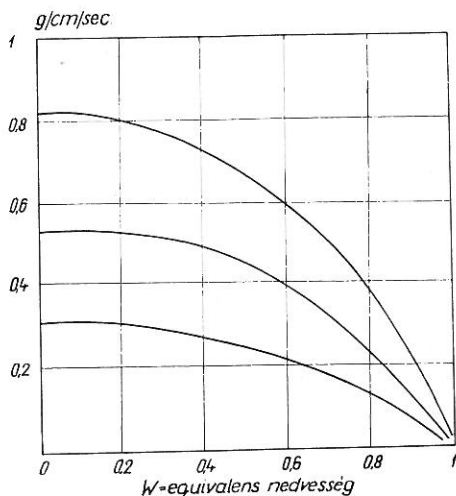
II. A talaj nedvességállapota

A szél-erőzítő fellépését hathatósan befolyásoló másik, változó talajfizikai sajátosság a talaj nedvességállapota, mely a talajfelszín szerkezetéhez hasonlóan szintén elsődleges, közvetlenül ható tényező. Bizonyos fokú talajnedvesség jelenléte csökkentheti a szél-erőzítő mértékét, sőt meg is akadályozhatja fellépését. A talaj szerkezet állapotától eltérően azonban a nedvesség-tartalomnak közvetett hatása is van, mivel optimális mennyisége a talaj művelésekor

a morzsaképződést, a felszín kedvező alakulását, érdességét, barázdáltságát elősegíti, s ezáltal csökkenti az erőzítőt. Ez utóbbi közvetett hatás, nem a szélvihar idején, hanem a művelés időpontjában fennálló nedvességtartalomra vonatkozik és nemcsak a talaj legfelső 1–2 cm-es réteget érinti, hanem az egész művelt réteget. E mélyebb rétegek nedvességállapota egyébként közvetlenül is hathat a szél-erőzítőre, főképpen annak mértékére. Hosszan tartó, viharos szél esetén, ha a feltalajt már elfújta a szél, a nedvességállapottól függően, újabb és újabb rétegek kerülnek a felszínre, s ilyenkor ezek nedvességtartalma döntő a defláció kifejlődésének nagyságára.

A szakirodalomban csak igen kevés olyan közleményt találunk, mely a talaj nedvességállapotának szél-erőzítőre gyakorolt befolyásával foglalkozik. PASÁK [25] a szél-erőzítő tanulmányozására laboratóriumi készüléket tervezett, s a készülék segítségével végzett vizsgálatokból megállapítja, hogy a talaj nedvességtartalmának növekedése hathatósan csökkenti a talaj erodálhatóságát. JAKUBOV [21] és CSAKVEDZÉ [17] porviharokat írnak le, melyek során a talaj felszíni rétegének nedvességtartalmát is mérik. Adataikból megállapítható, hogy homokos vályogtalajok felszínének 0,3–0,5 %-os nedvességtartalma nem gátolja a talajfelhordást. FORI [19] cikkében olvashatjuk, hogy a délolaszországi tengerparti homokon termelt paradicsomot 3–5 naponként öntözik, ami szél-erőzítő szempontjából is előnyös. RABITSCH [26] felsőbajorországi öntözött láptalajokon az öntözés erőzítőt gátló hatását figyelte meg. 1962-ben végzett vizsgálataink [1], melyeket laza homoktalajon, az öntözés erőzítőt gátló hatásának megfigyelésére folytattunk, azt mutatták, hogy a gyakran adott 5 mm-es öntözés, a feltalaj nedvességtartalmának növelése révén megvédi a talajt a szél-erőzítő pusztításától.

A talaj nedvességállapotának szél-erőzítőre gyakorolt hatását, s ennek számszerű összefüggéseit CHEPIL [12] vizsgálta. Systematikus méréseket végzett szélesatornában különböző kötöttségű és nedvességállapotú talajok erodálhatóságának megállapítására. Vizsgálatait 3 különböző szélsebesség mellett végezte. Mérései azt mutatták, hogy a talajok erodálhatósága általában herva-láspont-nedvességtartalmuk körül 0-ra csökken. A csökkenés a herva-láspont-nedvességtartalomnak 1/3-a felett kezdődik (ez kb. a hy értéknek felel meg), s eleinte lassú, majd egyre rohamosabb, míg végül a herva-láspont-nedvességtartalomnál eléri a 0-t. Ezt az összefüggé-



4. ábra

A talajok equivalens nedvességének hatása a talajelhordásra, különböző V_* mellett: 1. 47 cm/sec, 2. 63 cm/sec, 3. 88 cm/sec. Függőleges tengely: az elhordott talaj gl cm/sec.

gést jól szemlélteti a 4. ábra. A nedvesség equivalens nedvességtartalomában (W) van kifejezve:

$$W = \frac{w}{w_1} \quad (5)$$

melyben w a talaj nedvességtartalma a vizsgálat időpontjában, w_1 a talaj hervadásponthoz tartozó nedvességtartalma. Ha $W \geq 1$, nincs erózió.

A görbe lefutása némileg változik, ha a különböző kötöttségű talajokat külön ábrázoljuk (5. ábra). A kötöttebb talajok mérési eredményeit feltüntető grafikon kevésbé meredek, mint a lazábbaké, ami azt jelenti, hogy erodálhatóságuk csökkenése kisebb equivalens nedvességtartalomnál kezdődik; abszolút értékben azonban természetesen ez a nagyobb nedvességtartalom.

A talaj erodálhatóságát tehát CHEPIL vizsgálatai szerint a talajok h_y és hervadásponthoz tartozó nedvességtartalmának változásai befolyásolják. Abszolút értékben ez az intervallum a különböző kötöttségű talajok esetében természetesen igen változó, a h_y -értéktől függően, kötöttebb talajoknál nagyobb nedvességtartalommal kezdődik és tágabb határok között mozog, mint a lazább talajoknál. A 4. táblázatban

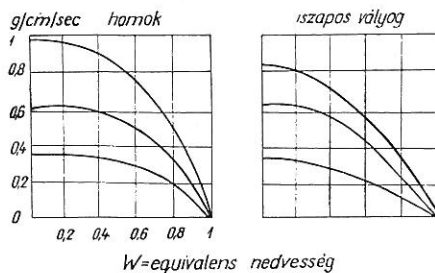
STEFANOVITS [27] nyomán közöljük ásványi talajaink h_y és hervadásponthoz tartozó nedvességtartalom értékeit és egyéb talajfizikai jellemzőit.

A hervadásponthoz tartozó nedvességtartalom, melyet Chepil cikkében a szélérózió meggátolására már elegendőnek tart, homoktalajok esetében kevésnek tűnik. Más ilyen vonatkozású vizsgálati adatokkal azonban nem rendelkezünk, s így nem tudunk összehasonlítást tenni.

1962-ben végzett kísérletünkben [1], melyben a szélérózió fellépését öntözéssel gátoltuk, a homoktalaj felszíne általában ennél nagyobb nedvességtartalmat mutatott, s ezért az erózió megakadályozásához szükséges nedvességtartalom alsó hatására vonatkozólag nem áll módunkban véleményt nyilvánítani.

A láptalajok nagy nedvszívó képességük miatt, már h_y nedvességtartalmuk körül kellő ellenállást nyernek a szél pusztításával szemben. Tóth [28] Keszthely környéki síkláptalajokon végzett vizsgálatait azt mutatják, hogy 17,5–23% nedvességtartalom kb. 8 m/sec sebességű szél ellen elegendő védelmet biztosít. A szóbanforgó láptalajoknak 17–27% között volt a h_y értékük.

A nedves talaj széllal szemben mutatott fokozott ellenállását a részecskéket összetartó kohéziós erő okozza. A talaj víztartalma a talajrészecskék felületén adszorbeálódik, s azokat vékony hártva formájában körülveszi vagy hidakat létesít közöttük. E vékony vízhártyák felületi feszültsége adja a részecskék kohéziós erejét. Nedves talaj esetén tehát a szél erejének a talajszemcsék felületén adszorbeált vízhártyák kohéziós erejét is le kell győznie, hogy eróziót kiválthasson. CHEPIL kísérletekkel meghatározta a nedvesség okozta kohéziós ellenállás értékét (c) és



5. ábra

Homok és iszapos vályogtalaj equivalens nedvességének hatása a talajelhordásra $V_* = 47, 63, 88$ cm/sec mellett

4. táblázat

A talajfizikai jellemzők összefüggése normális ásványi talajoknál. (STEFANOVITS nyomán [27])

Fizikai talajjelleg	Leiszapolható rész %	A rany-féle kötöttségi szám	Hygroszkóposság h_{y1}	Hervadáspon* nedvességtartalom
Durva homok	0—10	—25	—0,5	—1,54
Homok	11—25	25—30	0,6—1,0	1,54—3,10
Homokos vályog	26—30	31—37	1,1—2,0	3,10—6,20
Vályog	31—60	38—42	2,1—3,5	6,20—10,80
Agyagos vályog	61—70	43—50	3,6—5,0	10,80—15,50
Agyag	71—80	51—60	5,1—6,0	15,50—18,50
Nehéz agyag	81—90	61—80	6,1	18,50

* A hervadáspon* nedv. tartalmat Briggs szerint számítottuk.

azt találta, hogy $c = 6 W^2$. Abban az esetben, ha a talaj nedvességtartalma egyenlő hervadáspon* nedvességtartalmával (w_1), vagyis *equivalens* nedvességtartalma. $W = 1$, $c = 6$ din/cm², ami azt jelenti, hogy a talaj 6 din/cm² szélerőig ellenáll az elhordásnak.

CHEPIL kísérleteiben a talajminták vizsgálataihoz szükséges nedvességállapotát száraz talajok benedvesítésével állította elő. A megállapított törvényszerűségek ezért ilyen feltételek mellett érvényesek. Nem alkalmazható olyan esetekben, mikor a nedves talaj szárításával vagy száradásával nyerjük a talaj nedvességtartalmának csökkenő fokozatait. Jól átnedvesedett, majd kiszáradt talaj felszínén ilyenkor kisebb-nagyobb stabilitású kéreg képződik, mely a talaj ellenállását fokozza. A felszíni kéreg képződését a száradó talaj részecskéinek cementációja, összeragadása okozza, ami az őket körülvevő vízhártya zsugorodása miatt jön létre. Eső vagy öntözés a talajra hulló vízsepek mechanikai hatása révén még fokozza a részecskék tömörítését.

A talajnedvesség tehát egyrészt a kohézió, másrészt a nedves talaj részecskéinek, főképpen iszap és agyagfrakciójának kiszáradás hatására bekövetkező ragasztó képessége miatt csökkenti az eróziót. Szabadföldön végzett vizsgálataink és megfigyeléseink is igazolták ezt [1]. Homoktalajon, (melynek leiszapolható része átlag 6% volt) öntözéssel a talajfelszín nedvességtartalmát átlagban kb. egy százalékkal, vagyis 0,6%-ról 1,70%-ra növeltük, s ez elegendőnek látszott a szélerózió megfékezésére. Az 1,70% azonban átlagérték, így az öntözés folyamán nagyobb, de kisebb nedvességtartalom-érté-

kek is előfordultak. Hogy mégis ilyen egyöntetű védelmet nyújtott az öntözés a talajnak, az a felszínen kialakult kéregnek köszönhető. Ez a kéreg a homoktalaj csekély agyag- és iszaptartalma miatt ugyan csak kis stabilitással rendelkezett, de minden öntözés után újraképződött, s ezáltal megvédte a talajt a szél pusztításától.

A nedves talaj száradása folyamán fellépő ragasztó hatás nemcsak a többé-kevésbé stabil felszíni kéreg kialakításában játszik szerepet, hanem a művelés által képződött morzsás, rögös felület stabilitását is növeli. CHEPIL [13] szélcsatornában végzett kísérleti eredményei is bizonyítják ezt (5. táblázat).

A talajfelszín és a felszínen levő rögök száradás okozta megnövekedett stabilitása

5. táblázat

Laza, száraz talaj (a) és permetezéssel átnedvesített és kiszáritott talaj (b) szélerózióval szemben mutatott ellenállása. (CHEPIL nyomán [13])

Vizsgált talaj	Az erózió mértéke tonna/acre		0,5 mm <i>equivalens</i> átmérőjű aggregátumok
	a	b	%
Homokos vályog	3,4	0,4	39,8
Iszapos vályog	4,5	0,2	32,3
Iszapos agyagos vályog	2,9	0,3	42,1
Agyag	9,5	3,4	12,1

a talaj nedvességállapotának szélérozióra gyakorolt közvetett hatásához tartozik; ugyancsak közvetett az a hatása is, melyet a morzsák képződésekor a morzsák nagyságának befolyásolásán keresztül gyakorolt a szélérozióra. A talajművelés időpontjának megválasztása tehát az előbb említett szempontok miatt sem közömbös.

A talajművelést olyan időpontban kell elvégeznünk, mely nemcsak a talaj művelhetősége, hanem a kialakítandó szerkezeti elemek mennyisége, nagysága és stabilitása szempontjából is a legkedvezőbb. A száraz talaj mindezen szempontokból kedvezőtlen, s a felszín elporosítása miatt nagymértékű széléroziót idézhet elő. A túlságosan nedves, sáros talaj viszont sem művelésre, sem aggregátumok kialakítására nem alkalmas. A száraz morzsaképzésre és művelhetőségre optimális nedvességtartalmát több kutató is vizsgálta. Különböző talajfizikai sajátosságokkal és állandókkal próbálták összefüggésbe hozni. Kísérleti adataik és megállapításaik nem teljesen egybehangzóak. Az 6. ábrán VILENSZKIJ és KACSINSZKIJ [cit. 18] adatai alapján a művelés és morzsaképződés szerintük optimális nedvességtartalmát láthatjuk.

A VILENSZKIJ által megadott, morzsaképződésre optimális nedvességtartalom a kapilláris vízkapacitással mutat összefüggést és kb. kétszerese annak az értéknek, melyet KACSINSZKIJ szántás szempontjából

ból optimálisnak tart. KLIMES és DORACSEK [cit. 18] megállapítása szerint a kapilláris vízkapacitás értéke nem alkalmas ilyen szempontok megítélésére, mert nagysága erősen függ a meghatározás körülményeitől és a talaj szerkezetétől.

Hazai kutatók közül KÉGL [23] foglalkozott részletesen a morzsaképződés optimális nedvességtartalmának megállapításával. Laboratóriumban végzett vizsgálatainak eredményeit a 6. táblázatban közöljük.

6. táblázat

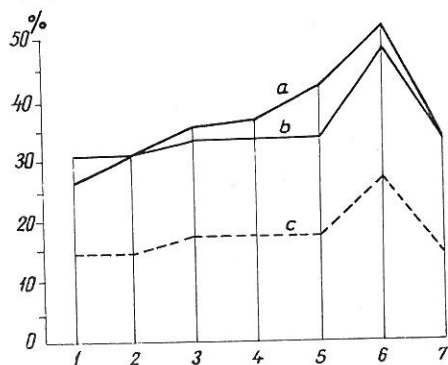
Különböző kötöttségű talajok morzsaképződés szempontjából legkedvezőbb nedvességtartalma, az Arany-féle kötöttségi szám és a száraz talaj súly-százálekában (KÉGL nyomán [23])

A talaj Arany-féle kötöttségi száma	Optimális nedvességtartalom a kötöttségi szám %-ában	Nedvesség tartalom a száraz talaj súly %-ában
32,0	57,2	18,3
38,5	52,2	20,1
47,4	44,3	21,1
55,6	38,5	21,4
61,6	34,4	21,2

KÉGL adatai szerint a talajok morzsaképződésére kedvező nedvességtartalom minden talaj esetében kb. 20% körül van, az Arany-féle kötöttségi szám %-ában megadva viszont azt látjuk, hogy a lazább talajoknak relatív nagyobb nedvességtartalomra van szükségük az optimális morzsaképződés elérésére, mint a kötöttebbeknek. KÉGL adatai a VILENSZKIJ-féle adatoknál jóval kisebbek.

LYLES és WOODRUFF [24] kísérleti sorozatot állítottak be, melyben a szélérozió szempontjából előnyös, morzsás, rögös talajszerkezet kialakulását vizsgálták különböző talajmunkák hatására, különböző mértékben nedvesített talajokon. Vizsgálataik eredményei iszapos, agyagos vályogtalajra vonatkoznak (7. ábra).

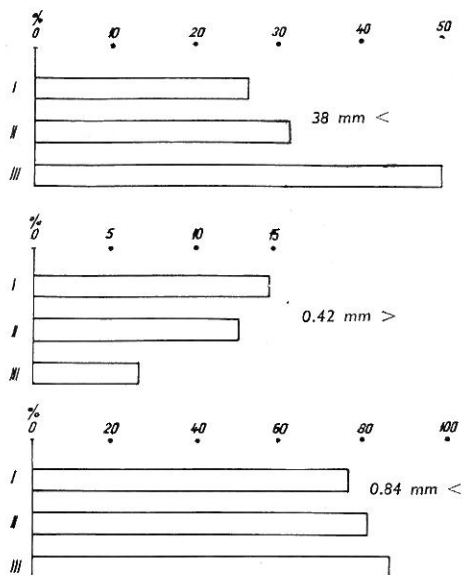
Láthatjuk tehát, hogy a művelésre, vagy morzsaképződésre alkalmas nedvességállapot eldöntése korántsem egyszerű, mivel a talaj kötöttségén, szerkezetállapotán kívül is még sok egyéb tényező befolyásolja, mint pl.: a művelőgép fajtája [24], haladásának sebessége [29] stb. Valószínűleg ez is oka annak, hogy az erre vonatkozó szakirodalmi adatok olyan eltérőek. Általában azonban legtöbb kutatónak az a véleménye, hogy kötöttebb tala-



6. ábra

A művelés szempontjából optimális nedvességtartalom (Kacsinszki nyomán). a: a morzsaképződés szempontjából optimális nedvességtartalom Vilenszki szerint. b: kapilláris vízkapacitás. c: a szántás szempontjából optimális nedvességtartalom; az abszcisszán levő számok a különböző talajféléseket jelentik: 1 és 2 podzolos vályog, 3, 4 és 5 vályogos csernozjom; 6 vörösföld, 7 szolonesák

joknál a kedvező nedvességtartalmat az Atterberg-féle képlékenységi alsó határa körül kell keresnünk [18]. A lazább talajok művelésére alkalmas optimális nedvességtartalom tágabb határok között mozog, mint a kötöttebb talajoké, s így a szélerózióra fogékonyabb homoktalajoknál könnyebb eltalálni az alkalmas időpontot. Laza homoktalajoknál természetesen morzsaképződésre nem számíthatunk, talajműveléssel itt csupán a szélerózió ellenálló vagy legalább is azt csökkentő durva.



7. ábra

Különböző méretű talajrögök %-os mennyiségének változása különböző talajművelő eszközök hatására (LYLES és WOODRUFF [24] nyomán). I. egyirányú tárcsa. II. altalajlazító kultivátor. III. eke

érdes felszínt tudjuk kialakítani. Ezeken a talajokon a művelés időpontjának megválasztásánál sohasem a túlzott nedvességtartalom, hanem ellenkezőleg a talaj szárazsága jelent akadályt. Kellő nedvességállapotban kialakított durva felszín, nedvesen is és kiszáradva is bizonyos fokú és bizonyos ideig tartó védelmet nyújt még laza homoktalajainknak is.

A talajnedvességnek közvetett hatása van a szélerózióra a növényen keresztül is. Elegendő nedvesség az elvetett magvak kelését, a növények jó fejlődését, sűrű állományának kialakulását segíti elő, s így a talaj elég hamar a védelmet nyújtó növénytakaró alá kerül.

Irodalom

- [1] BODOLAY, I.-NÉ: Szélerózió elleni védekezés öntözött homokterületeken. *Agrokémia és Talajtan* **14.** 1–16. 1965.
- [2] BODOLAY, I.-NÉ: A szélerózió folyamata és dinamikája. *Agrokémia és Talajtan* **14.** 311–320. 1965.
- [3] CHEPIL, W. S.: Relation of wind erosion to the dry aggregate structure of soil. *Sci. Agr.* **21.** 488–507. 1941.
- [4] CHEPIL, W. S.: Relation of wind erosion to the waterstable and dry clod structure of soil. *Soil Sci.* **55.** 275–287. 1943.
- [5] CHEPIL, W. S.: Dynamics of wind erosion: II. Initiation of soil movement. *Soil Sci.* **60.** 397–411. 1945.
- [6] CHEPIL, W. S.: Methods of estimating apparent density of discrete soil grains and aggregates. *Soil Sci.* **70.** 351–362. 1950.
- [7] CHEPIL, W. S.: Properties of soil which influence wind erosion: I. The governing principle of surface roughness. *Soil Sci.* **69.** 149–162. 1950. II. Dry aggregate structure as an index of erodibility. *Soil Sci.* **69.** 405–414. 1950. III. Effect of apparent density on erodibility. *Soil Sci.* **71.** 141–157. 1951. IV. State of dry aggregate structure. *Soil Sci.* **72.** 387–481. 1951. V. Mechanical stability of structure. *Soil Sci.* **72.** 465–478. 1951.
- [8] CHEPIL, W. S.: An air elutriator for determining the dry aggregate soil structure in relation to erodibility by wind. *Soil Sci.* **71.** 197–207. 1951.
- [9] CHEPIL, W. S.: Improved rotary sieve for measuring state and stability of dry soil structure. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **16.** 113–117. 1952.
- [10] CHEPIL, W. S.: Field structure of cultivated soils with special reference to erodibility by wind. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **17.** 185–190. 1953.
- [11] CHEPIL, W. S.: Estimation of wind erodibility of field surfaces. *J. Soil Water Conserv.* **9.** 257–265. 1954.
- [12] CHEPIL, W. S.: Influence of moisture on erodibility of soil by wind. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **20.** 288–292. 1956.
- [13] CHEPIL, W. S.: Soil conditions, that influence wind erosion. *Techn. Bull.* Washington. 1958.
- [14] CHEPIL, W. S.: The use of evenly spaced hemisphere to evaluate aerodynamic forces on a soil surface. *Transact. Amer. Geophys. Union.* **39.** 397–404. 1958.

- [15] CHEPIL, W. S.: Factors, that influence clod structure and erodibility of soil by wind. IV. Sand, silt and clay. *Soil Sci.* **80**. 155–162. 1955.
- [16] CHEPIL, W. S., & BISAL, F.: A rotary sieve method for determining the size distribution of soil clods. *Soil Sci.* **56**. 95–100. 1943.
- [17] CSAKVETADZE, N. A.: Nekotorie dannie nabljudenij nad pül'numi burjami v piirtüse. *Pocsvovedenie* (2) 69–77. 1962.
- [18] DI GLÉRIA, J., KLIMES-SZMIK, A. & DVORACEK, M.: Talajfizika és talajkolloidika. Akad. kiadó. Budapest. 1957.
- [19] FOTI, S.: I problemi tecnologici. *Agricoltura. Roma.* **9**. 36–40. 1960.
- [20] JAKUBOV, T. F.: Novüe dannüe po izucseniju vetrovoj erozii pocsv i bor'be sz nej. *Pocsvovedenie* (7) 41–52; (11) 65–77. 1959.
- [21] JAKUBOV, T. F.: Nekotorie zakonomerszti razvitija processzov vetrovoj erozii pocsv. *Izv. AN. SSSR. Szer. geograf.* (2) 26–36. 1962.
- [22] JAKUBOV, T. F.: Zascita pocsv ot vetrovoj erozii. *Pocsvovedenie* (8) 83–93. 1963.
- [23] KÉGL, L.: A nedvességtartalom hatása a talaj néhány szerkezeti tulajdonságára. *MTA Agrártud. Oszt. Közlem.* **3**. 61–86. 1954.
- [24] LYLES, L. & WOODRUFF, N. P.: How moisture and tillage affect soil cloddiness for wind erosion control. *Agric. Eng.* **3**. (3) 150–153; 159. 1962.
- [25] PASÁK, V.: Fyzikální přičiny vetrné eroze pudy. *Rostlinná Vyroba.* **8**. 607–616. 1962.
- [26] RABITSCH, J.: Die Beregnung hemmt Winderosion in erdinger Moos. *Wasser und Nahrung. Düsseldorf.* **7**. 205. 1962.
- [27] STEFANOVITS, P.: Magyarország talajai. Akad. kiadó. Budapest. 1955.
- [28] TÓTH, A.: Balatonkörnyéki síkláptalajaink talajvédelme, különös tekintettel a szélerózióra. (Kézirat) 1962.
- [29] WOODRUFF, N. P., CHEPIL, W. S. & LYNCH, R. D.: Implements for wind erosion control. *Agr. Eng.* **37**. 751–754; 758. 1956.
- [30] WOODRUFF, N. P., CHEPIL, W. S. & LYNCH, R. D.: Emergency chiseling to control wind erosion. *Techn. Bull. Kansas.* 90. 1957.
- [31] ZINGG, A. W.: Evaluation of the erodibility of field surfaces with a portable wind tunnel. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **15**. 11–17. 1950.
- [32] ZINGG, A. W.: Wind-tunnel studies of the movement of sedimentary material. *Proc. Fifth Hydraulic Conf. Bull. St. Univ. Iowa.* 34. 111–135. 1953.
- [33] ZINGG, A. W.: A portable wind tunnel and dust collector developed to evaluate the erodibility of field surfaces. *Agron. J.* **43**. 189–191. 1961.
- [34] ZINGG, A. W. & CHEPIL, W. S.: Aerodynamics of wind erosion. *Agr. Eng.* **31**. 279–282. 1950.
- [35] ZINGG, A. W., WOODRUFF, N. P. & ENGLEHORN, C. L.: Effect of wind-row orientation on erodibility of land in sorghum stubble. *Agron. J.* **44**. 227–230. 1952.

BODOLAY ISTVÁNNÉ

Érkezett : 1965. december 21.